1К

УДК 681.326.3

В.П. Карчевський
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Стаханов, Україна
study@pop.riak.lg.ua

Функціональне діагностування пристроїв з елементів, які здійснюють генерування та трансляцію сигналів про відмови

Пропонується концепція створення і функціонального діагностування пристроїв з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови, а також математичний апарат трійкових функцій для опису елементів цих пристроїв.

Вступ

Актуальність. Дослідження автора базується на принципах побудови та функціонального діагностування дискретних пристроїв (ДП) з використанням схем вбудованого контролю (СВК). Функціональне діагностування не передбачає подачі спеціальних тестових дій на пристрій, що діагностується. На пристрій надходять тільки робочі дії, які передбачені алгоритмом його функціонування.

Найбільш доцільно використовувати ДП з виявленням відмов при побудові обслуговуваних систем з довгим строком служби. Побудова таких систем у блочному виконанні з індикацією відмови кожного блока дозволяє в процесі роботи системи швидко усувати несправності заміною блока. Крім цього, ДП з виявленням відмов, з одного боку, дають можливість використовувати такий широко розповсюджений на практиці метод підвищення надійності, як дублювання з автоматичним переключенням на резервний комплект, а з другого боку – повністю розв’язують задачу діагнозу систем з точністю до блока заміни.

Мета роботи – описування функцій запропонованих автором логічних елементів з виявленням відмов, які реалізують генерування та трансляцію сигналів про відмови з входів на виходи. З таких логічних елементів пропонується будувати пристрої, що розраховані на ефективне функціональне діагностування.

Постановка задачі – викласти концепцію елементної бази, яка дозволяє створювати пристрої, котрим органічно належать одночасно інформаційні та діагностичні функції.

Концепція пристроїв з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови

Першопричиною порушень нормальної роботи пристрою є фізичні дефекти компонентів елементів пристрою, а також зв’язків між ними. Несправністю називається формалізоване подання факту проявлення дефекту в вигляді неправильних значень сигналів на входах і виходах елементів пристрою, а помилкою – неправильне значення сигналів на зовнішніх виходах пристрою, які виникають з причини появи несправностей. Дефекти, несправності та помилки (відмови) можуть бути стійкими (постій-

ними) або нестійкими (короткочасними), поодинокими або кратними. Поодинока несправність елемента пристрою чи зв'язку може привести до кратної помилки на зовнішніх виходах пристрою.

Нехай заданий складний об'єкт діагностування: виділимо в ньому такі складові частини, з точністю до яких бажано проводити пошук дефектів при функціонуванні. Такими частинами можуть бути системи, підсистеми, функціональні пристрої, агрегати, блоки, змінні вузли і т.п. Всіх їх назвемо змінними блоками. При розбиванні об'єкта на змінні блоки звичайно в один блок включають всі елементи, які входять в контур зворотного зв'язку. При цьому значно спрощується пошук дефектів з глибиною до змінних блоків, так як несправності останніх при відсутності зворотних зв'язків завжди різняться між собою.

На рис. 1 показана структура системи функціонального діагностування технічного стану складного об'єкта (ОД). Змінні робочі блоки позначені символами P1 ..., Pi, ..., Pn. Зв'язки між блоками не приведені. Кожен змінний робочий блок Pi об'єкта має в загальному випадку свої вбудовані схеми діагностування (СД), які створюють з ним локальну систему функціонального діагностування (ЛСФД). Деякі параметри локальних систем, які характеризують роботу змінного блока або його засобів діагностування, надходять безперервно або за викликом на загальні засоби діагностування (ЗСД) загальної системи функціонального діагностування (ЗСФД) об'єкта в цілому.

Для дискретних об'єктів засоби ЛСФД реалізуються у вигляді схем вбудованого контролю (СВК). Загальний вигляд однолінійної блок-схеми зв'язків дискретного пристрою (ДП) та його СВК показаний на рис. 2.

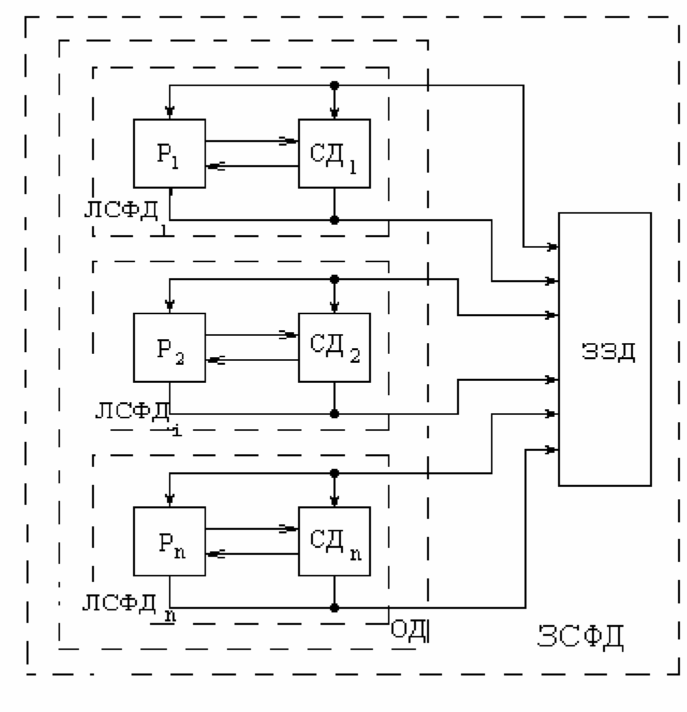


Рисунок 1 – Структура системи функціонального діагностування об'єкта

Робочі дії, які надходять на ДП у процесі виконання робочого алгоритму функціонування, – це вхідні набори або послідовності вхідних наборів X. Аналогічно робочими діями, які надходять на СВК, є робочі дії X, а також відповіді Z як справного, так і несправного ДП на дії X. Символом F позначений вихід СВК. При спільному розгляді ДП та СВК як єдиного дискретного об'єкта робочі дії – це дії X, а виходи –

функції Z та F. Схема вбудованого контролю на виході F формує аварійний сигнал під час функціонування пристрою, коли в ньому виникне відмова. Цей сигнал надходить до загальної системи функціонального діагностування, яка фіксує аварійний сигнал з будь-якої схеми вбудованого контролю складного об’єкта. Таким чином стає можливим контроль і функціональне діагностування технічного стану складного об’єкта.

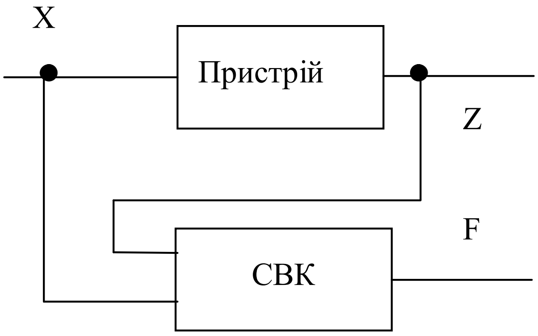


Рисунок 2 – Схема зв’язків дискретного пристрою з СВК

Дискретний пристрій, споряджений схемою вбудованого контролю, називають дискретним пристроєм з виявленням відмов. В [1] описані наступні основні підходи до їх побудови.

1. Використання методів резервування, в яких порівнюються вихідні реакції двох або більшого числа подібних дискретних пристроїв.

2. Використання методів інверсного резервування: для початкового дискретного пристрою будується інверсний дискретний пристрій, який перетворює вихідні слова у відповідні їм вхідні слова. Контроль відбувається в результаті порівняння вхідних слів початкового ДП з вихідними словами інверсного ДП.

3. Побудова СВК для заданого дискретного пристрою.

4. Використання збиткових кодів вхідних, внутрішніх та вихідних станів дискретних пристроїв.

Особливість останнього підходу в тому, що надмірність, яка є ціною за властивість виявлення відмов, вноситься у внутрішню структуру ДП. В результаті покращується контролездатність пристрою та він набуває властивостей, які дозволяють фіксувати факт появи несправностей. Загальний засіб діагностування (рис. 1) при цьому спрощується або є наперед заданим.

Автор стверджує, що є принципіальна можливість за рахунок збитковості повністю відмовитися від окремих СВК за рахунок логічного поєднання виходів ДП – Z та виходів СВК – F. Але тоді для зв’язку елементів із загальними засобами діагностування (рис. 1) потрібно буде наділити дискретні пристрої з виявленням відмов додатковими функціями оперативної передачі (трансляції) сигналів про відмови з входу на їх виходи. Це потрібно, щоб сигнал про відмову дійшов до загальних засобів функціонального діагностування, які підключаються в цьому випадку тільки до виходів системи. Можна буде відмовитися від деяких окремих ліній передачі даних від дискретних пристроїв до загальних засобів діагностування.

Розвиваючи глибше ідею ДП з виявленням відмов, можна представити не тільки окремі блоки та типові пристрої з виявленням відмов, але, як граничний випадок, і логічні елементи з виявленням відмов.

Гіпотеза дослідження автора у сфері дискретних пристроїв з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови полягає в тому, що слід розробляти пристрої, в яких органічно поєднані інформаційні та діагностичні функції. Це дасть змогу зро-

бити простішою систему загального діагностування, а саме відмовитися від додаткових схем вбудованого контролю та ліній передачі сигналів з СВК на загальну систему функціонального діагностування (ЗСФД).

У більшості сучасних дискретних елементів сигнали на входах та виходах можуть приймати тільки одне із двох значень, які позначаються цифрами 0 та 1. Запропоновані автором дискретні пристрої з виявленням відмов можуть складатися з елементів, які генерують та транслюють сигнали про відмови [2], [3]. В цих пристроях та елементах можна задавати сигнали на входах та виходах таким чином, щоб вони приймали одне із трьох значень, які позначаються 0, 1 та ~.

Припустимо, що сигнал ~ генерується (виникає) на виході елемента, який відмовив.

Функція ж трансляції ~ сигналу з n входів елемента на вихід може бути представлена таким чином:

$$f = \begin{cases} f(x_1,...,x_i,...,x_n), \text{якщо} \, \forall x_i [x_i \in (0,1)] \\ \sim, \text{якщо} \, \exists x_i (x_i = \sim), \end{cases}$$

де $f(x_1,...,x_n)$ – двійкова функція.

Тоді такий елемент (назвемо його ~ елементом) функціонує як відповідний двійковий, якщо на всіх його входах є логічні (інформаційні) сигнали 0 або 1. Якщо хоча б на одному вході елемента буде сигнал ~, то й на його виході буде такий же діагностичний сигнал ~. Саме за рахунок тризначного алфавіту в ~ елементі об'єднані інформаційні та діагностичні функції.

Побудова штучних систем з використанням вказаних ~ елементів має дати можливість:

– підвищити відмовостійкість систем, в тому числі за рахунок диверсифікації системних рішень окремих частин системи;
– забезпечити контроль та діагностування систем в процесі їх функціонування;
– надати системам властивості адаптації і реконфігурації внутрішньої структури при відмовах і адаптації до зовнішнього середовища.

В табл. 1 та 2 представлено для порівняння функціонування типового елемента І-НІ (двійковий) та елемента ~І-НІ.

Таблиця 1 – Функціонування двійкового елемента І-НІ

x_1	x_2	$f\ (x_1, x_2)$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Таблиця 2 – Функціонування елемента ~ І-НІ, який моделює больові відчуття

x_1	x_2	$f\ (x_1, x_2)$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0
0	~	~
~	0	~
1	~	~
~	1	~
~	~	~

Із таблиць наочно видно, що елемент ~ І-НІ функціонує як ідентичний типовий двійковий елемент І-НІ, якщо на його входах немає ~ сигналів про відмови. У протилежному випадку на виході елемента ~ І-НІ буде сигнал ~.

Зрозуміло, що функціонування запропонованих елементів з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови може бути описано тризначними логічними функціями [4]. Важливою є розробка аналітичних засобів для описування відповідних пристроїв.

Арифметико-логічний спосіб представлення трійкових функцій елементів з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови

Перейдемо від алфавіту 1,0,~ до відповідного алфавіту 1,–1,0 і охарактеризуємо арифметико-логічний спосіб представлення тризначних функцій. Суть способу є в тому, що будь-яку тризначну функцію можна представити у вигляді двох двозначних f_1^2, f_2^2, між значеннями яких виконується арифметична операція віднімання: $f^3 = f_1^2, f_2^2$. Функції f_1^2 та f_2^2 задаються в алфавіті 0,1; їх аргументами є характеристичні функції (табл. 3)

$$x^k = \begin{cases} 1, \text{ при } x_i = k \\ 0, \text{ при } x_i \neq k, \end{cases}$$

де $k \in \{-1, 0, 1\}$.

Таблиця 3 – Значення характеристичних функцій x^{-1}, x^0, x^1

x	x^{-1}	x^0	x^1
–1	1	0	0
0	0	1	0
1	0	0	1

Складемо аналітичний запис функції елемента ~І-НІ згідно з арифметико-логічним способом представлення трійкових функцій.

Функцію f_1^2 можна представити у вигляді досконалої диз’юнктивної нормальної форми (ДДНФ). Аргументами її є характеристичні функції, які на наборах, де функція $f^3(x_1, x_2)$ приймає значення 1, дорівнюють 1, тобто:

$$f_1^2 = x_1^{-1}x_2^{-1} \vee x_1^{-1}x_2^1 \vee x_1^1x_2^{-1}.$$

Цю формулу можна отримати безпосередньо з таблиці істинності функції, якщо фіксувати увагу тільки на тих наборах змінних, для яких $f^3(x_1, x_2)=1$, замінивши в них:

$$x_i = -1 \text{ змінною } x_i^{-1},\ x_i = 0 \text{ змінною } x_i^0,\ x_i = 1 \text{ змінною } x_i^1.$$

Отримані таким чином повні кон’юнкції потрібно з’єднати знаком диз’юнкції.

Функцію f_2^2 можна також представити у вигляді ДДНФ. Аргументами цієї функції є характеристичні функції, які на наборах, де функція $f^3(x_1, x_2)$ набуває значення –1, дорівнюють 1, тобто:

$$f_2^2 = x_1^1x_2^1.$$

Останню формулу можна також отримати безпосередньо з таблиці істинності функції, фіксуючи увагу тільки на тих наборах змінних, для яких $f^3(x_1,x_2)=-1$.

Таким чином, аналітично функцію елемента ~I-HI можна представити у вигляді

$$f^3(x_1,x_2)=(x_1^{-1}x_2^{-1}\vee x_1^{-1}x_2^{1}\vee x_1^{1}x_2^{-1})-x_1^{1}x_2^{1}.$$

Перетворення трійкових функцій елементів з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови

Вище показано, як від табличного подання трійкової функції елемента з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови перейти до її аналітичного представлення. Для перетворення та мінімізації трійкових функцій, представлених вказаним способом, можна використати наступні тотожності. Відмітимо, що

$$k,k_1,k_2,k_3\in\{-1,0,1\} \text{ та } k_1\neq k:$$

1) $(x^k)^{-1}=0;$
2) $(x^k)^1=x^k;$
3) $(x^k)^0=\overline{x^k};$
4) $1-x^k=\overline{x^k};$
5) $1-x^{k1}=x^{k2}\vee x^{k3};$
6) $x^{k1}\vee x^{k2}=\overline{x^{k3}};$
7) $\overline{x^{k1}}\vee\overline{x^{k2}}=1;$
8) $x^{k1}x^{k2}=0;$
9) $\overline{x^{k1}}\vee x^{k2}=\overline{x^{k1}};$
10) $x^{k1}\overline{x^{k2}}=x^{k1};$
11) $\overline{x^{k1}}\,\overline{x^{k2}}=x^{k3};$
12) $x^{k1}\vee x^{k2}\vee x^{k3}=1;$
13) $x^{k1}x^{k2}x^{k3}=0;$
14) $x^{k1}-x^{k2}=\overline{x^{k2}}-\overline{x^{k1}}.$

Ці тотожності доводяться прямою перевіркою. Тотожності та функції f_1^2 і f_2^2 можуть перетворюватися та мінімізуватися з використанням тотожностей та законів двійкової логіки, так як їх аргументами є двозначні функції [5].

Наприклад, якщо справедлива тотожність 6, то справедлива й рівність

$$\overline{x^{k1}\vee x^{k2}}=\overline{\overline{x^{k3}}}.$$

На основі правил де-Моргана та подвійного заперечення отримаємо

$$\overline{x^{k1}}\,\overline{x^{k2}}=x^{k3},$$

а це тотожність 11.

Важливою є рівність $(f_1^2\vee f^2)-(f_2^2\vee f^2)=f_1^2-f_2^2,$ яка справедлива в тому випадку, коли двійкова функція f^2 набуває одиничного значення на наборах аргументів, на яких функції f_1^2 та f_2^2 набувають нульового значення. Рівність базується на використанні того факту, що різниця 1–1 дорівнює 0.

Нехай f – двійкова функція деякого логічного елемента, тоді функція f^3 відповідного ~ елемента може бути представлена у вигляді добутку тризначної функції на двійкову, тобто: $f^3 = (f_1 \vee f_2)\overline{x_1^0 \dots x_n^0}$. Відмітимо, що для цього формулу функції f потрібно представляти в диз'юнктивній нормальній формі (ДНФ), кон'юнктивній нормальній формі (КНФ) або у формі з дужками. Функція f_1 будується тільки по ДНФ, КНФ або по формі початкової функції f заміною x_i на x_i^1 та $\overline{x_i}$ на x_i^{-1}. Функція f_2 будується по ДНФ, КНФ або у формі з дужками, але тільки з інверсії функції f.

Скористаємося формулою $f^3 = (f_1 \vee f_2)\overline{x_1^0 \dots x_n^0}$ для представлення функції елемента ~ І-НІ.

Початкова функція $f = \overline{x_1, x_2}$. Її ДНФ – $f = \overline{x_1, x_2}$, тоді вираз для f_1 буде таким: $f_1 = x_1^{-1} \vee x_2^{-1}$. Інверсія початкової функції $\overline{f} = \overline{\overline{x_1, x_2}} = x_1, x_2$, таким чином $f^2 = x_1^1 x_2^1$. А значить маємо $f^3 = ((x_1^{-1} \vee x_2^{-1}) x_1^1 x_2^1)\overline{x_1^0 x_2^0}$.

Для прикладу перетворення трійкових функцій покажемо, як від останнього представлення функції елемента ~І-НІ перейти до виведеного раніше її виду.
На основі розподільчого (дистрибутивного) закону:

$$((x_1^{-1} \vee x_2^{-1}) - x_1^1 x_2^1)\overline{x_1^0 x_2^0} = (x_1^{-1} \vee x_2^{-1})\overline{x_1^0 x_2^0} - x_1^1 x_2^1 \overline{x_1^0 x_2^0}.$$

Але $x_1^1 \overline{x_1^0} = x_1^1$, а $x_2^1 \overline{x_2^0} = x_2^1$ (тотожність 10), тоді

$$f^3 = (x_1^{-1} \vee x_2^{-1})\overline{x_1^0 x_2^0} - x_1^1 x_2^1.$$

Представимо $\overline{x_1^0}$ та $\overline{x_2^0} = x_2^1 \vee x_2^{-1}$ (тотожність 6), таким чином:

$$f^3 = (x_1^{-1} \vee x_2^{-1})(x_1^1 \vee x_1^{-1})(x_2^1 \vee x_2^{-1}) - x_1^1 x_2^1.$$

Розкриємо дужки

$$f^3 = x_1^{-1} x_1^1 x_2^1 \vee x_1^{-1} x_1^{-1} x_2^1 \vee x_1^1 x_2^{-1} x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^{-1} x_2^1 \vee x_1^{-1} x_1^1 x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_1^{-1} x_2^{-1} \vee x_1^1 x_2^{-1} x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_2^{-1} x_2^{-1} - x_1^1 x_2^1.$$

Користуючись тотожностями двоїчної логіки та тотожністю 8, маємо $x_1^1 x_1^{-1} = 0$, $x_2^1 x_2^{-1} = 0$ і тоді отримаємо $f^3 = 0 \vee x_1^{-1} x_2^{-1} \vee 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 x_1^1 x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_2^{-1} - x_1^1 x_2^1$ або $f^3 =$ $= (x_1^{-1} x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_2^1 \vee x_1^1 x_2^{-1}) - x_1^1 x_2^1$.

Таким чином, шляхом перетворень доказується еквівалентність двох приведених аналітичних видів функцій логічного елемента ~І-НІ.

Функціональна повнота арифметико-логічного способу представлення трійкових функцій елементів з генеруванням та трансляцією сигналів про відмови

Трійкові функції (так, як і двійкові) є окремим випадком функцій k-значної (багатозначної) логіки. Відоме представлення функцій k-значної логіки у вигляді так званих Σ-П форм (сігма-пі форм) [4]:

$$f^k(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) = \sum_{\text{по всім } \vec{\alpha}} f(\vec{\alpha}) \prod_{i=1}^{n} x_i^k,$$

де $f(\vec{\alpha}) \neq 0$.

Для отримання такого представлення разом з константами 0, 1, ..., ..., $k-1$, операціями обчислення суми $\sum -x+y(\mathrm{mod}\,k)$ та добутку $\prod -xy(\mathrm{mod}\,k)$ користуються характеристичними функціями наступного вигляду:

$$x_k = \begin{cases} 1, \text{при } x_i = k \\ 0, \text{при } x_k \neq k, \end{cases}$$

де $k \in \{0,1,2\}$.

Якщо перейти від констант 0, 1, 2 до констант 0, 1, –1, то для трійкових функцій отримаємо

$$f^3(x_1,...,x_i,...,x_n) = \sum_{\vec{\alpha}\in A} f(\vec{\alpha}) \prod_{i=1}^{n} x_i^k + \sum_{\vec{\alpha}\in B} f(\vec{\alpha}) \prod_{i=1}^{n} x_i^k,$$

де *A(B)* – множина наборів змінних, на яких функція приймає значення 1(–1), тобто для $\vec{\alpha} \in A, f(\vec{\alpha}) = 1$, а для $\vec{\alpha} \in B, f(\vec{\alpha}) = -1$, тоді

$$f^3(x_1,...,x_i,...,x_n) = \sum_{\vec{\alpha}\in A} \prod_{i=1}^{n} x_i^k - \sum_{\vec{\alpha}\in B} \prod_{i=1}^{n} x_i^k.$$

Так як $x_i^k \in (0,1)$, то операція множення (П) тотожна двійковій операції І ($\wedge$). Аналогічно як кожному набору $\vec{\alpha}$ відповідає тільки один добуток, що дорівнює 1, то операція додавання по $\mathrm{mod}\, k(\sum)$ тотожна при вказаних умовах двійковій операції АБО ($\vee$). Звідки отримаємо

$$f^3(x_1,...,x_i,...,x_n) = \bigvee_{\vec{\alpha}\in A} \bigwedge_{i=1}^{n} x_i^k - \bigvee_{\vec{\alpha}\in D} \bigwedge_{i=1}^{n} x_i^k.$$

Ця формула дає строгий метод запису трійкових функцій в алфавіті –1, 0, 1 та повністю відповідає формулі $f^3 = f_1^2 - f_2^2$, що доводить функціональну повноту представлення трійкових функцій у вигляді двох двійкових, між значеннями яких виконується арифметична операція віднімання.

Відмітимо, що для доведення повноти в даному випадку використаний принцип зведення задачі про повноту однієї системи до задачі про повноту іншої системи. Для двійкових логічних елементів можливі різні функціонально повні системи на основі елементів, які реалізують функції І-НІ, АБО-НІ тощо. Очевидно, що, використовуючи ці ж елементи та додатково елемент, який реалізує функцію віднімання, можна синтезувати будь-який трійковий елемент.

Із сігма-пі форми трійкових функцій безпосередньо випливає функціональна повнота системи, яка включає: характеристичні функції, функції І, АБО та функцію віднімання.

Представлення основних трійкових функцій відповідно до арифметико-логічного способу

У табл. 5 та табл. 6 приведені значення відомих трійкових функцій від однієї та двох змінних. У таблицях вказані значення змінних та функцій для двох алфавітів 0, 1, 2 і відповідно 0, 1, –1 (причому сигнал 2 відповідає – 1, а ~ сигнал відповідає 0).

Таблиця 5 – Значення трійкових функцій від однієї змінної

x	φ_0	φ_1	φ_2	Інверсія $\bar{x}$	Цикл $\tilde{x}$
0	2(–1)	0	0	2(–1)	1
1	0	2(–1)	0	1	2(–1)
2(–1)	0	0	2(–1)	0	0

Наведемо аналітичний запис трійкових функцій (без мінімізації):

$$\varphi_0 = -x^0, \varphi_1 = -x^1, \varphi_2 = -x^{-1}, \bar{x} = x^1 - x^0, \tilde{x} = x^0 - x^1,$$

$$\min(x_1, x_2) = (x_1^0 x_2^1 \vee x_1^1 x_2^{-1} \vee x_1^1 x_2^1) - x_1^{-1} x_2^{-1},$$

$$\max(x_1, x_2) = (x_1^0 x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^0 \vee x_1^1 x_2^1) - (x_1^0 x_2^{-1} \vee x_1^1 x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_2^0 \vee x_1^{-1} x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^{-1}),$$

$$\max(x_1, x_2) + 1(\mathrm{mod})3 = x_1^0 x_2^0 - (x_1^0 x_2^1 \vee x_1^1 x_2^0 \vee x_1^1 x_2^1),$$

$$x_1 + x_2 (\mathrm{mod}\, 3) = (x_1^0 x_2^1 \vee x_1^1 x_2^0 \vee x_1^{-1} x_2^{-1}) - (x_1^0 x_2^{-1} \vee x_1^1 x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^0),$$

$$x_1 x_2 (\mathrm{mod}\, 3) = (x_1^1 x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^{-1}) - (x_1^1 x_2^{-1} \vee x_1^{-1} x_1^2).$$

Відмітимо, що функція $\min(x_1, x_2)$ в термінах ~ алгебри – це функція елемента ~АБО; а функція $x_1 x_2 (\mathrm{mod}\, 3)$ – це функція ~ ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ.

Покажемо аналітичне представлення основних трійкових функцій в мінімізованій формі:

$$\min(x_1, x_2) = (x_1^0 x_2^1 \vee x_1^{-1} x_2^1) - x_1^{-1} x_2^{-1} = (x_1^1 x_2^0 \vee x_1^0 x_2^1) - x_1^{-1} x_2^{-1},$$

$$\max(x_1, x_2) = (\overline{x_1^{-1}} x_2^1 \vee x_1^1 x_2^0) - (x_1^{-1} \vee \overline{x_1^{-1}} x_2^{-1}) = (\overline{x_1^{-1}} x_2^1 \vee x_1^0 x_2^1) - (x_1^{-1} \vee x_2^{-1}),$$

$$\max(x_1, x_2) - 1(\mathrm{mod}\, 3) = x_1^0 x_2^0 - (\overline{x_1^{-1}} x_2^1 \vee x_1^1 x_2^0).$$

Таблиця 6 – Значення трійкових функцій від двох змінних

x_1	x_2	$\min(x_1, x_2)$	$\max(x_1, x_2)$	Функція Вебба $\max(x_1, x_2) + 1(\mathrm{mod}\, 3)$	Додавання за mod3 $x_1 + x_2 (\mathrm{mod}\, 3)$	Множення за mod3 $x_1 x_2 (\mathrm{mod}\, 3)$
0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	2 –1	1	0
0	2 –1	0	2 –1	0	2 –1	0
1	0	0	1	2 –1	1	0
1	1	1	1	2 –1	2 –1	1
1	2 –1	1	2 –1	0	0	2 –1
2 –1	0	0	2 –1	0	2 –1	0
2 –1	1	1	2 –1	0	0	2 –1
2 –1	2	2 –1	2 –1	0	1	1

Висновки

Можна різними способами створювати дискретні елементи та пристрої з виявленням відмов, які виконують функції генерування та трансляції сигналів ~ про відмови. Взагалі сигнал ~ про відмову може мати різну фізичну природу і повинен виникати в процесі функціонування пристрою. Важливою особливістю такого сигналу має бути його вказане генерування, а потім і проходження в пристрої до деякого контрольованого виходу. Виявлення загальною системою функціонального діагностування сигналу ~ хоча б на одному з контрольованих виходів пристрою свідчить про його відмову.

Для описування дискретних ~ пристроїв запропоновано перейти від типового двозначного алфавіту 0,1 до використання тризначного алфавіту: –1,1,0. Причому в роботі встановлена така відповідність між сигналами: інформаційні сигнали 0 та 1 запропоновано кодувати відповідно –1 та 1 (є варіант кодування 2 та 1), а сигнал ~ про відмову кодується 0.

Розроблений арифметико-логічний спосіб представлення трійкових функцій запропонованих елементів. Особливість арифметико-логічного способу в представленні трійкових функцій через двійкові. Спосіб характеризується функціональною повнотою.

Наведені приклади аналітичного перетворення трійкових функцій. Показано, як аналітичний запис трійкової функції комбінаційного логічного пристрою з виявленням відмов отримати із таблиці істинності або з аналітичного запису двійкової функції цього пристрою.

Розроблений математичний апарат пропонується використовувати для синтезу та аналізу дискретних елементів та пристроїв, орієнтованих на ефективний функціональний контроль і діагностування.

Література

1. Сапожников В.В. Дискретные автоматы с обнаружением отказов / Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 111 с.
2. Карчевский В.П. Элементы, моделирующие болевые ощущения / В.П. Карчевский // Искусственный интеллект. – 2002. – № 4. – С. 360-367.
3. Карчевский В.П. Дискретные троичные элементы с обнаружением отказов / Карчевский В.П. – К. : УМК ВО, 1990. – 56 с.
4. Цифровые многозначные элементы и структуры / [Самофалов К.Г., Корнейчук В.И., Романкевич А.М. и др.] ; под ред. К.Г. Самофалова. – К. : Вища школа, 1974. – 168 с.
5. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов / Глушков В.М. – М. : Физматгиз, 1962. – 476 с.

В.П. Карчевский

Функциональное диагностирование устройств с элементов,
осуществляющих генерирование и трансляцию сигналов об отказах

Предлагается концепция создания и функционального диагностирования устройств с генерированием и трансляцией сигналов об отказах, а также математический аппарат троичных функций для описания элементов этих устройств.

V.P. Karchevsky

The Functional Diagnosis of Devices with Generation and Translation of Signals about Rejections

Conception of creation and functional diagnosis of devices with generation and translation of signals about rejections, and also mathematical vehicle of ternary functions for description of elements of these devices are offered.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2009.